

农村公路水泥混凝土路面常见病害的产生机理与养护措施

Generation Mechanism and Maintenance Measures of Common Diseases of Cement Concrete Pavement on Rural Roads

陈智 CHEN Zhi

(华容县公路事务中心, 岳阳 414200)

(Huarong County Highway Affairs Center, Yueyang 414200, China)

摘要: 水泥混凝土路面在现阶段农村公路的应用中逐渐广泛深入,但在交通移动荷载和自然环境等多方面外部因素的作用下,会产生不同类型的常见病害,其不可避免地会缩短路面的全周期服役寿命。依托华容县梅田湖大桥工程项目中沿线路面建设,分析了农村水泥混凝土路面的常见病害类型、影响因素和产生机理,并提出了多方位多角度的养护措施,以期为类似农村路面建设的设计和施工提供借鉴和指导。

Abstract: Cement concrete pavement is gradually being widely and deeply applied in rural roads at present. However, under the influence of various external factors such as traffic moving loads and natural environment, different types of common diseases will inevitably occur, which will shorten the full service life of the pavement. Based on the road surface construction along the Meitianhu Bridge project in Huarong County, this paper analyzes the common types of diseases, influencing factors, and generation mechanisms of rural cement concrete pavement, and proposes maintenance measures from multiple perspectives and directions, in order to provide reference and guidance for the design and construction of similar rural road surface construction.

关键词: 农村公路;水泥混凝土路面;常见病害;产生机理;养护措施

Key words: rural road; cement concrete pavement; common diseases; generation mechanism; maintenance measures

中图分类号: U418 文献标识码: A 文章编号: 1006-4311(2024)20-074-04 doi:10.3969/j.issn.1006-4311.2024.20.020

0 引言

农村公路作为公路交通运输网络中不可或缺的组成部分之一,是直接面向广大农村居民和促进农村经济发展的重要基础设施,具备分布范围广、等级低和里程短等显著特性。因水泥混凝土路面强度高、长效性稳定、经济造价低、环境适应性强而成为了农村公路路面建设的首选材料^[1-2]。然而,随着运维时间的持续增加,在车辆频繁移动荷载和外界恶劣环境作用下,水泥混凝土路面难以避免会发生各类型不可控的病害,严重影响了交通路面的全周期服役寿命和道路行车安全舒适性^[3-4]。在此背景下,对农村居民的生产生活 and 经济发展造成了严重的负面作用。因而,分析农村水泥混凝土路面常见病害的内在产生机理,并提出相应的养护措施对其有效处治,是当前亟需解决的问题。本文以隶属于华容县梅田湖大桥工程项目中沿线路面建设为依托,探讨了农村水泥混凝土路面常见病害的产生机理和对应养护措施,以期为类似农村路面建设的设计和施工提供借鉴和指导。

1 工程概况

华容县梅田湖大桥接线起于华容县新建乡团城寺村,接鲢鱼须大桥南岸接线,于新建乡西侧三合垸跨藕池河东支至梅田湖,止于北剅口村接 X082。沿线农村道路设计标准为二级公路,行车设计速度为 60km/h,路基宽度为 10m,双向两车道。沿线农村路面类型为水泥混凝土路面,路面下基层采用 15cm 厚 4% 含量水泥稳定碎石层,上基层采用 17cm 厚 5% 含量水泥稳定碎石层,面层采用 28cm

厚水泥混凝土。结合地质调绘、钻探揭露结合室内岩土土工试验,在勘察深度范围内地层为第四系全新统(Qh)及更新统(Qp)。沿线分布第四系湖相及河湖相沉积地层,主要为粘性土、淤泥质土以及砂砾等,具体特性如表 1 所示。

2 农村水泥混凝土路面常见病害类型及产生机理

2.1 裂缝类病害及产生机理

裂缝作为水泥混凝土路面中最为常见的一类病害,一般发生在水泥混凝土路面浇筑早期,其不仅严重影响路面的表现完整性,还往往是其它常见路面病害的诱发者。如不能及时发现和处治路面裂缝,则会致使路面使用性能和服役周期大幅缩减劣化。通常来说,水泥混凝土路面裂缝可概括为纵向裂缝、横向裂缝、纵横交叉裂缝以及角隅断裂,如图 1 所示。

纵向裂缝代指平行或接近平行于行车道路中心线方向的规则性裂缝,其主要取决于路基压实质量和路基底层强度。当路基填料不均匀,压实度不满足道路填筑要求时,路基填料间的离子吸附作用和颗粒粘附效应会降低,离散度和不均匀程度提高。在此条件下,路基在车辆移动疲劳荷载和路基填料自重作用下发生较为明显的不均匀沉降,使得水泥混凝土面板与路基连接面脱离,发生脱空现象。此时,路基对路面承载效应减弱,致使路面发生沿线沉降并产生纵向裂缝。另外,在地下水渗透、地表渗水以及化学离子侵蚀等共同作用下,路基填充材料间胶结粘附性劣化,宏观力学强度下降,使得其对水泥混凝土面板支承性能减弱。

横向裂缝代指垂直于行车道路中心线方向的规则性裂缝,其主要取决于混凝土的干燥收缩和外界环境温度变化。水泥混凝土在早期凝结固化过程中,存在于其内部的

作者简介:陈智(1966-),男,湖南岳阳人,工程师,主要从事农村公路养护管理工作。

表 1 场地土性质

编号	地层名称	层厚(m)	空间分布	岩土特征
①	填筑土	0-1.4	场地大部	杂色,稍湿,松散-稍密,主要成分为粉质粘土,含少量碎石
②	粉质黏土	0.6-2.7	场地大部	灰褐色、褐色,硬塑状,主要为黏粒,次为粉粒,干强度及韧性中等,切面稍光滑,无摇晃反应
③	黏土	1.8-6.9	场地大部	主要为黏粒,切面光滑,土质均匀
④	粉砂	5.6-16.8	场地局部	灰褐色,稍密-中密,饱和,以石英、长石为主,浑圆形,级配良好,局部夹粉土
⑤	细砂	13.9-19.4	场地局部	灰褐色,稍密-中密,饱和,以石英、长石为主,浑圆形,级配良好
⑥	粉砂和粉土	16.8-26.7	场地大部	灰白色,稍密-中密,饱和,以石英、长石为主,浑圆形,级配良好
⑦	砂质黏土	23.8-38.9	场地局部	白色,稍密-中密,饱和,以石英、长石为主,浑圆形,级配良好



图 1 裂缝类路面病害

自由水和物理吸附水因在水泥水化生热作用下大量游离散失。水分散失会在混凝土内部产生收缩应力,当期超过浇筑混凝土自身极限抗拉强度条件下,使得混凝土路面产生不可控干缩裂缝。另外,随着季节更替,水泥混凝土路面发生不间断的热胀冷缩现象,同样导致混凝土路面发生开裂现象。

纵横交叉裂缝代指多条横向和纵向裂缝互相交叉分布于水泥混凝土路面的不规则性裂缝。纵横交叉裂缝的形成主要可概括为:其一,路基因基底土性质变化、填筑材料强度劣化以及地下水侵蚀等多方面外界环境因素作用下发生不均匀沉降,对面板支撑性减弱,造成路面受力不均匀;其二,水泥混凝土路面强度欠缺,长效稳定性不够;其三,水泥活性成分中 CaO 和 MgO 含量偏高,导致水泥浆体膨胀开裂现象严重。

角隅断裂代指从板角沿斜向逐渐发展至具有一定尺寸规模的裂缝。角隅断裂的原因为一方面因模壁效应影响下,振捣质量难以保证,使得板角密实度下降,另一方面在昼夜温差效应、热胀冷缩效应以及路基不均匀沉降作用下,导致板角内部应力发生不利改变。

2.2 接缝类病害及产生机理

水泥混凝土路面接缝类病害主要为接缝破裂损伤、填缝料破坏流失以及路面错台,如图 2 所示。

接缝破裂损伤主要为在水泥混凝土浇筑期间,面板外

置传力杆放置位置因施工操作不当产生较大偏移错位、杆滑动端的滑动效能损失或板间胀缝被碎石散颗粒、水泥砂浆等坚硬不易清除杂物堵塞,限制面板延伸,降低变形控制性能,造成面板接缝处被挤碎拉裂。

填缝料破坏流失代指为填缝材料破坏、材料缺失或内含杂质等。造成上述现象可归因于填缝材料因外部环境侵蚀劣化作用下发生性能老化,路面养护人员长时间未及时更替填缝材料,或者填缝材料宏观物理学特性较差,不满足与浇筑内水泥混凝土连接面胶结粘附性要求。

路面错台代指相邻水泥混凝土面板因沉降或隆起等原因出现垂直高程差呈现阶梯状,产生根源为面板间传力杆缺失、路基压实不均匀或路基填料集料在地下多方面水源侵蚀下发生部分流失。错台路面会使得行驶车辆发生跳车现象,在高速行驶下该类现象尤为严重,对车内人员的行车安全性和稳定性造成不利影响。

2.3 表层类病害及产生机理

水泥混凝土路面表层类病害主要为破损露骨、坑槽孔洞和路面沉降等,如图 3 所示。

路面破损露骨代指混凝土路面板在外界不利条件下发生表明破坏损伤、水泥净浆保护层劣化脱落,出现路面整体粗糙率提高,内部结构骨料外露等现象。上述现象源于路面浇筑混凝土水灰比不满足规范要求,施工质量管理体系存在不足且材料质量难以保障,阴冷潮湿环境下路面胶凝



图 2 接缝类路面病害



图 3 表层类路面病害

材料返潮聚团,使得路面耐磨性和长效运维性减弱。

路面坑槽孔洞代指路面表层基体骨料因大范围不均匀离散脱落而出现坑槽孔洞的现象,其主要因为道路制备集料含泥量或劣化杂质较高。

路面沉降代指在行驶车辆移动荷载下,局部区域路基因发生不可控沉降,致使路面在有限范围内出现严重下陷变形。该类现象主要归因于不断沉降的路基对路面板的支承性减弱,使得路面板与路基间的连接过渡面脱离开,其中路基沉降的根源可进一步归纳为路基填料离散度过大、密实度不满足道路压实度设计要求,因路面排水不良使得面上水不断侵蚀渗透以及地下水位连续波动等多方面原因。具体的,当处于极端恶劣天气条件下,尤其是雨雪冰冻气候,水泥混凝土路面会持续受到反复干湿循环和冻融交替作用,大量积水不能及时排出而只能通过路面表层裂缝渗入,并进一步不均匀扩散至路面结构层,使得路面发生不规则沉降。

3 农村水泥混凝土路面养护措施

3.1 完善设计方案

在水泥混凝土路面早期常见病害防治过程中,完善设计方案作为重要一步,换言之,良好的设计方案可以有效避免大部分病害的产生。首先,合理决定路基路面结构体系是病害防治关键一招。根据运行路段的交通流量、基底土质类型和环境气候等内外部条件,合理优化调节路基路面结构体系,例如包括但不限于路基填筑材料的选取、水泥混凝土面板制备材料配合比、路面厚度和物理承载性能的合理制定。然后,准确设置路面伸缩缝和排水设施对于病害防治亦为重要。具体的,选取合理伸缩缝的类型、布置位置可以大幅缓解因运行环境和外部气候因素变化所诱发的温度应力、热胀冷缩现象,降低各种类型路面裂缝类病害发生的风险。同样,排水系统的合理规划可预防路面雨水长时间聚集、向下入渗,减缓因干湿条件不断更替变

化环境引起的早期膨胀开裂、收缩变形。其中尽可能地对路基路面排水结合路基防护进行综合设计,使多种排水设施相互耦合嵌套,构成功能完备、排水特性良好的整体式排水系统。

3.2 控制施工质量

施工工艺的控制直接决定了水泥混凝土路面的质量和运行效能,如力学性能、密实度和长效性。一方面,在新拌水泥混凝土的混合、搅拌、浇筑和运输过程中,应按照规定严格控制水泥混凝土各组成部分材料的混合时长、搅拌步骤和速度、浇筑振捣流程等工艺参数,保证混凝土的均质性和和易性。另一方面,混凝土模板在安装过程中应保证其具有足够的稳定性,用以确保施工中不变形,根据混凝土面板设计标高调节模板高度,并同时满足规范要求条件下的模板加工精度。模板安装过程中应确保安装的平整稳固、相邻模板平滑紧凑连接,保障底部不存在漏浆、前后错位、高低错台等不良现象。另外,在水泥混凝土浇筑养护过程中,应避免过早脱模,防止产生干燥收缩裂缝。灌缝施工应采取恰当工艺技术(如高压冲水)彻底清除砂石及其坚硬杂质污染物,保证缝壁侧面干净清洁、干燥无杂质^[5-6]。填缝材料必须完全将空间填充均匀饱满,高度与面板齐平,与缝壁连接紧密、不存在多余孔隙空间、不开裂渗水。

3.3 强化材料管理

原材料的选择和质量对水泥混凝土路面的性能起着不可忽略的作用。水泥混凝土路面的制备材料主要由胶凝材料、粗细骨料、外加剂构成,其中胶凝材料为普通硅酸盐水泥,粗细骨料为砂石颗粒集料,外加剂为减水剂、矿物掺合料等^[7]。水泥的质量直接关乎混凝土的宏观力学性能、微观结构体系、工作性和长效性等关键参数。在施工前,应严格相关材料测试标准,对水泥的各项性能参数进行严格检测,满足规定才能施工使用。粗细骨料的恰当选取也不可忽视,应合理调制粗细骨料的级配关系,确保制备后混凝

土的均匀性和密实性。在此条件下,粗骨料应具备良好的透水性和低压缩性,同时需要严格控制粗细骨料的含水量、可压缩性和压碎值。外加剂的挑选应满足材料采购体系和正规的质检流程。

3.4 增强服役长效性

水泥混凝土路面服役长效性代表了路段的服役寿命和运营有效周期。极端气候变化、温度波动对水泥混凝土的负面影响愈来愈引起关注,包括但不限于诱发路面出现开裂、沉降、错台等问题。其一,在路面施工设计阶段,应考虑气候变化和温度波动等因素,适当增强路面使用材料的力学特性、抗环境劣化韧性和浇筑厚度等,以此减缓外部条件所带来的不利作用。其二,通过实时监测施工路段气候变化情况,了解路面可能面临施工环境挑战,制定与之对应的防范措施。在极端天气条件下,采用有效的维护和防治措施,降低其对路面的不利影响。

3.5 优化养护方法

合理养护是确保水泥混凝土路面在既有环境条件下维持运维长效性的有效途径,其主要涉及选取恰当的养护方法和养护材料。例如在水泥混凝土路面铺筑完成时,根据不同类型施工构造工艺采取与之对应的养护方式,具体的,软拉抗滑构造在制作后应立即养护,三辊轴摊铺水泥混凝土路面宜采用喷淋养护剂协同外部覆盖的方式养护。在多雨条件下,也采取覆盖保湿膜、土工布、麻袋等喷淋湿养护方式。需要注意的是,在养护的同时需多方面考虑施工方式条件、环境气候等外部因素。与养护方法对应的是,养护材料需要具备可观的耐久性、保水性、均质性和基体粘附性,用以保障水泥混凝土在养护周期时能够始终维持养护环境的湿润性。在昼夜温差较大的施工条件下,应对水泥混凝土路面采取保湿保温养生措施。

4 华容县梅田湖大桥临线路面施工方案与养护措施

华容县梅田湖大桥临线路面为水泥混凝土路面,施工流程可总体概括为模板支护、振捣整平,整体养护以及刻槽切缝填缝。施工过程中全程采用三辊轴机组铺筑面层。

①模板支护。在模板支护前需要对模板安装及摊铺位置开展测量放样,根据相关施工技术规范确定测量放样的质量要求和允许偏差,确保模板安装精度,换言之,应保证模板安装过程中的稳定性,使其在施工中不变形。模板安装的平面位置通过拉线绳控制,垂直高度通过垫木楔法适当调整,底部残留空隙用水泥砂浆封堵。模板安装过程中应确保安装的平整稳固、相邻模板平滑紧凑连接,保障底部不存在漏浆、前后错位、高低错台等不良现象。模板能有效承受来自摊铺、振捣、整平等施工施加的冲击振动。模板与水泥混凝土的接触表面应涂抹脱模剂和隔离剂。水泥混凝土设计配合比要满足混凝土抗弯拉强度、工作性、耐久性和经济性的要求,施工配合比应根据天气、季节及运距等的变化,微调减水剂、引气剂或保塑剂的掺量,保证施工现场混凝土的振动度系数、坍落度等工作性。

②振捣整平。水泥混凝土振动方式采用间歇插入振捣和排式连续振捣。间歇插入振捣每次移动距离和振捣时间应根据振捣棒有效作用半径严格控制。排式连续振捣应以匀速缓慢的作业速度连续不间断进行,作业速度以水泥混凝土浆体拌合物表面不暴露粗骨料,不再冒气泡和泛出水泥浆。在振捣完成规定时间内及时开展三辊轴压实整平。

三辊轴整平机应采用前进振动和后退静滚方式开展作业,具体的,滚压次数应根据浆料高差、工作性、机具质量和振捣烈度等相关因素确定。压实完成后,根据混凝土凝结硬化状态进行表面整平,整平方式采用刮尺推拉饰面。初次拉刮应纵向摆放刮尺从板面由外向内沿横坡均匀拉刮,刮尺推拉方向与水泥浆面保持一定角度。对初次拉刮留下的浆条应进行二次拉刮,其应从纵横方向同时进行,保证拉刮结束后的刮尺饰面不再残留浆条。

③整体养护。在水泥混凝土路面压实浇筑完成后,应立即开展整体养护,具体养护方式与施工工艺保持吻合。软拉抗滑构造在制作后应立即养护,三辊轴摊铺水泥混凝土路面宜采用喷淋养护剂协同外部覆盖的方式养护。在多雨条件下,也采取覆盖保湿膜、土工布、麻袋等喷淋湿养护方式。当选择养护剂养护时,应在混凝土板面均匀喷洒养护剂至表面颜色一致为宜,确保养护剂成膜厚度能够形成完全封闭水分的弹性薄膜。另外,在使用保湿膜、土工布等覆盖养护方式时,应及时洒水,始终保持混凝土板面处于潮湿状态。

④切缝填缝。混凝土面板施工时纵横向裂缝和施工预留缝的槽口均采用切缝法。切缝时间应根据水泥混凝土凝结硬化状态、外加剂和矿物掺合料类型和施工条件等多方面因素综合考虑。纵横裂缝切缝尺寸保持相同,应与路线平行,顺直圆滑。切缝结束后,应立即采取高压水枪将缝间孔隙残留物冲洗干净。在冲洗完成后采用机械法或人工法开展填缝施工。填缝材料类型可概括为常温施工式填缝料、加热施工式填缝料、预制多孔橡胶条制品。填缝材料必须完全将空间填充均匀饱满,高度与面板齐平,与缝壁连接紧密、不存在多余孔隙空间、不开裂渗水。

5 结语

本文归纳总结了农村水泥混凝土路面常见病害的类型、影响因素以及产生机理,依托华容县梅田湖大桥工程项目中沿线路面建设,提出了针对农村水泥混凝土路面常见病害的养护措施。主要结论可概括为农村水泥混凝土路面的常见病害包括裂缝类病害(纵向裂缝、横向裂缝、纵横交叉裂缝以及角隅断裂)、接缝类病害(接缝破裂损伤、填缝料破坏流失以及路面错台)和表层类病害(破坏露骨、坑槽孔洞和路面沉降),农村水泥混凝土路面常见病害的养护措施包括完善设计方案,控制施工质量、强化材料管理、增强服役长效性以及优化养护方法。

参考文献:

- [1]韩昊,刘大超.公路水泥稳定碎石路面基层常见病害的产生机理与防治措施[J].重庆建筑,2019,18(02):28-29.
- [2]汪长青.城市道路水泥混凝土路面病害分析及解决措施[J].工程技术研究,2023,8(21):117-119.
- [3]戴自力.农村公路中的水泥混凝土路面早期病害防治分析[J].运输经理世界,2024(06):139-141.
- [4]罗奕城.水泥混凝土路面病害处治及加铺沥青面层设计[J].工程技术研究,2023,8(20):192-194.
- [5]龙雨琴,张东长,王进勇.水泥混凝土路面填缝料的研发及试验评价[J].中外公路,2023,43(05):226-229.
- [6]旷永梅.混凝土内养护剂性能及工程应用研究[J].交通世界,2023(33):4-6.
- [7]杨艳华,魏杰,冯小伟,等.机制砂特性对路面混凝土力学性能及微观形貌的影响研究[J].公路,2024,69(03):71-79.